

Practitioner's Docket No.: 008312-0306166
Client Reference No.: T2TT-03S0060-1

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: MANABU
AKAMATSU

Confirmation No: UNKNOWN

Application No.:

Group No.:

Filed: October 1, 2003

Examiner: UNKNOWN

For: METHOD AND APPARATUS FOR TURBO CODING AND DECODING IN A
DISK DRIVE


Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Attached please find the certified copy of the foreign application from which priority is
claimed for this case:

<u>Country</u>	<u>Application Number</u>	<u>Filing Date</u>
Japan	2002-288908	10/1/2002

Date: October 1, 2003
PILLSBURY WINTHROP LLP
P.O. Box 10500
McLean, VA 22102
Telephone: (703) 905-2000
Facsimile: (703) 905-2500
Customer Number: 00909


Glenn J. Perry
Registration No. 28458

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年10月 1日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-288908

[ST.10/C]:

[JP 2002-288908]

出 願 人

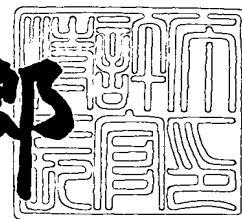
Applicant(s):

株式会社東芝

2003年 1月24日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3001309

【書類名】 特許願

【整理番号】 A000203843

【提出日】 平成14年10月 1日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 5/00

【発明の名称】 ディスク記憶装置及びデータ再生方法

【請求項の数】 15

【発明者】

【住所又は居所】 東京都青梅市末広町 2 丁目 9 番地 株式会社東芝青梅事業所内

【氏名】 赤松 学

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

【識別番号】 100058479

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴江 武彦

【電話番号】 03-3502-3181

【選任した代理人】

【識別番号】 100084618

【弁理士】

【氏名又は名称】 村松 貞男

【選任した代理人】

【識別番号】 100068814

【弁理士】

【氏名又は名称】 坪井 淳

【選任した代理人】

【識別番号】 100092196

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 良郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100088683

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 誠

【選任した代理人】

【識別番号】 100070437

【弁理士】

【氏名又は名称】 河井 将次

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ディスク記憶装置及びデータ再生方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ディスク媒体からデータを読み出すヘッドと、

前記ヘッドにより読み出された接続ターボ符号のデータ信号を復号化して、元のデータを再生するリードチャネルとを具備し、

前記リードチャネルは、

前記データ信号に含まれるバーストノイズを検出する検出手段と、

前記データ信号に対して事後確率復号化処理（A P P 復号化処理）を含む繰返し復号化処理を実行する手段であって、前記検出手段による検出結果に従って、当該復号化演算を行なうための尤度計算内容を変更する繰返し復号化手段とを有することを特徴とするディスク記憶装置。

【請求項 2】 前記リードチャネルにより再生されたデータに対する誤り訂正処理を実行する誤り訂正手段を更に有し、

当該誤り訂正手段は、前記検出手段による検出結果に従って、消失訂正を含む誤り訂正処理を実行することを特徴とする請求項 1 に記載のディスク記憶装置。

【請求項 3】 前記検出手段は、前記ヘッドによるリード動作時に発生するサーマルアスペリティ等を要因とするバーストノイズを、前記データ信号の振幅値に従って検出し、検出結果として 2 値のフラグ情報を出力することを特徴とする請求項 1 に記載のディスク記憶装置。

【請求項 4】 前記繰返し復号化手段は、

外符号として再帰畳み込み符号を使用する前記接続ターボ符号のデータ信号に対して、内符号の前記 A P P 復号化処理を実行する手段であって、前記検出手段による検出結果に従って前記尤度計算内容を変更する第 1 の A P P 復号化手段と

前記外符号の前記 A P P 復号化処理を実行する第 2 の A P P 復号化手段とを含むことを特徴とする請求項 1 に記載のディスク記憶装置。

【請求項 5】 前記繰返し復号化手段は、

外符号として再帰畳み込み符号を使用する前記接続ターボ符号のデータ信号に

対して、内符号の前記 A P P 復号化処理を実行する手段であって、前記検出手段による検出結果に従って前記尤度計算内容を変更する第 1 の A P P 復号化手段と

前記外符号の前記 A P P 復号化処理を実行する第 2 の A P P 復号化手段と、

前記第 2 の A P P 復号化手段の出力から最終的復号系列を決定するための硬判定手段とを含むことを特徴とする請求項 1 に記載のディスク記憶装置。

【請求項 6】 ディスク媒体に記録されたデータを読み出すヘッドを有するディスクドライブに適用し、当該ヘッドにより読み出された接続ターボ符号のデータ信号を復号化して、元のデータを再生するリードチャネルであって、

前記ヘッドにより読み出された前記データ信号に含まれるバーストノイズを検出する検出手段と、

前記データ信号に対して事後確率復号化処理（A P P 復号化処理）を含む繰返し復号化処理を実行する手段であって、前記検出手段による検出結果に従って、当該復号化演算を行なうための尤度計算内容を変更する繰返し復号化手段とを有することを特徴とするリードチャネル。

【請求項 7】 前記ヘッドにより読み出された前記データ信号をデジタル信号に変換する A / D コンバータと、当該デジタル信号に対してパーシャルレスポンス方式による波形等化処理を実行するイコライザとを含み、

前記検出手段は、前記 A / D コンバータから出力されるデジタル信号の振幅値に基づいてバーストノイズを検出し、

前記繰返し復号化手段は、前記イコライザから出力されるデータ信号に対して繰返し復号化処理を実行するように構成されたことを特徴とする請求項 6 に記載のリードチャネル。

【請求項 8】 前記検出手段は、前記ヘッドによるリード動作時に発生するサーマルアスペリティ等を要因とするバーストノイズを、前記データ信号の振幅値に従って検出し、検出結果として 2 値のフラグ情報を出力することを特徴とする請求項 6 に記載のリードチャネル。

【請求項 9】 前記繰返し復号化手段は、

外符号として再帰畳み込み符号を使用する前記接続ターボ符号のデータ信号に

対して、内符号の前記 A P P 復号化処理を実行する手段であって、前記検出手段による検出結果に従って前記尤度計算内容を変更する第 1 の A P P 復号化手段と

前記外符号の前記 A P P 復号化処理を実行する第 2 の A P P 復号化手段とを含むことを特徴とする請求項 6 に記載のリードチャネル。

【請求項 1 0】 前記繰返し復号化手段は、

外符号として再帰畳み込み符号を使用する前記接続ターボ符号のデータ信号に対して、内符号の前記 A P P 復号化処理を実行する手段であって、前記検出手段による検出結果に従って前記尤度計算内容を変更する第 1 の A P P 復号化手段と

前記外符号の前記 A P P 復号化処理を実行する第 2 の A P P 復号化手段と、

前記第 2 の A P P 復号化手段の出力から最終的復号系列を決定するための硬判定手段とを含むことを特徴とする請求項 6 に記載のリードチャネル。

【請求項 1 1】 前記ディスクドライブは、前記リードチャネルにより再生されたデータに対して消失訂正を含む誤り訂正処理を実行する誤り訂正手段を有し、

前記検出手段は、バーストノイズを検出したことを示す情報を、前記誤り訂正手段に出力し、前記誤り訂正手段での誤り訂正処理において前記消失訂正を実行することを指示するように構成されたことを特徴とする請求項 6 に記載のリードチャネル。

【請求項 1 2】 ディスク媒体に記録されたデータを読出すヘッドを有するディスクドライブに適用し、当該ヘッドにより読出された接続ターボ符号のデータ信号を復号化して、元のデータを再生するデータ再生方法であって、

前記ヘッドにより読出された前記データ信号に含まれるバーストノイズを検出するステップと、

前記データ信号に対して事後確率復号化処理（A P P 復号化処理）を含む繰返し復号化処理を実行するステップであって、前記検出ステップによる検出結果に従って、当該復号化演算を行なうための尤度計算内容を変更するステップとを有することを特徴とするデータ再生方法。

【請求項 1 3】 前記繰返し復号化ステップは、

外符号として再帰畳み込み符号を使用する前記接続ターボ符号のデータ信号に対して、内符号の前記 A P P 復号化処理を実行するステップであって、前記検出手段による検出結果に従って前記尤度計算内容を変更する第 1 の A P P 復号化ステップと、

前記外符号の前記 A P P 復号化処理を実行する第 2 の A P P 復号化ステップとを含むことを特徴とする請求項 1 2 に記載のデータ再生方法。

【請求項 1 4】 前記繰返し復号化ステップは、

外符号として再帰畳み込み符号を使用する前記接続ターボ符号のデータ信号に対して、内符号の前記 A P P 復号化処理を実行するステップであって、前記検出手段による検出結果に従って前記尤度計算内容を変更する第 1 の A P P 復号化ステップと、

前記外符号の前記 A P P 復号化処理を実行する第 2 の A P P 復号化ステップと

、
前記第 2 の A P P 復号化ステップによる復号化出力から最終的復号系列を決定するための硬判定ステップとを含むことを特徴とする請求項 1 2 に記載のデータ再生方法。

【請求項 1 5】 再生されたデータに対して消失訂正を含む誤り訂正処理を実行する誤り訂正ステップを更に有し、

当該誤り訂正ステップは、前記検出ステップによるバーストノイズの検出結果に従って、前記消失訂正を実行することを特徴とする請求項 1 2 に記載のデータ再生方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、一般的にはディスクドライブの分野に関し、特に、接続ターボ符号化／復号化方法を適用したデータ再生方式に関する。

【 0 0 0 2】

【従来の技術】

一般的に、ハードディスクドライブを代表とするディスクドライブの分野では、ヘッドによりディスク媒体（以下単にディスクと称する）から読出されたデータ信号を処理して、元のデータを再生するリードチャンネルと呼ぶ信号処理回路が使用されている。通常では、信号処理回路は、専用 L S I から構成されており、ディスク上に記録するためのライトデータ信号を処理するライトチャンネルも含めて、リード／ライトチャンネル又はデータチャンネルとも呼ばれている。

【 0 0 0 3 】

現在のリード／ライトチャンネルでは、パーシャルレスポンス（PR : Partial Response）方式と、ビタビ（Viterbi）復号化方法とを組み合わせた、いわゆる PRML（Partial Response Maximum Likelihood）と呼ばれるデータ復号化方式（データ再生方法）が採用されている。

【 0 0 0 4 】

近年、ディスクドライブの分野では、PRML方式に対して、PR方式とターボ（turbo）符号化／繰返し復号化方式とを組み合わせたデータ復号化方式が注目されている（例えば非特許文献 1 を参照）。

【 0 0 0 5 】

ところで、ディスクドライブでは、リードヘッド素子とライトヘッド素子とが分離して、スライダ上に実装された構造のヘッドが使用されている。リードヘッド素子としては、通常では、GMR（giant MR）素子が使用されている。この GMR 素子は、リード動作時に、サーマルアスぺリティ（thermal asperity）と呼ぶ現象を起こす。

【 0 0 0 6 】

ディスクドライブでは、前記のサーマルアスぺリティ等の要因により、リード動作時に、ヘッドから読出されたデータ信号には、いわゆるバーストノイズ（雑音）が含まれることが確認されている。このバーストノイズにより誤り訂正が不能になるなどの問題があるため、従来から各種の対策案が提案されている（例えば特許文献 1 を参照）。

【 0 0 0 7 】

【非特許文献 1】

Zining Wu著「CODING AND ITERATIVE DETECTION FOR MAGNETIC RECORDING CHANNELS」Kluwer Academic Publishers出版（2000年、p. 21-43）

【0008】

【特許文献1】

特開2002-164946号公報（例えば段落番号0024から0026、図4）

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

PR方式とターボ符号化／繰返し復号化方式とを組み合わせたデータ復号化方式は、複数の符号をインターリーブを介して接続する構成となる。このため、前記のように、データ信号にバーストノイズが含まれている場合に、誤りがインターリーブにより広範囲に分散することがある。従って、復号化されたデータに対する誤り訂正を行なう場合に、誤り訂正が不能となるような問題がある。

【0010】

そこで、本発明の目的は、PR方式とターボ符号化／繰返し復号化方式とを組み合わせたデータ復号化方式を採用したディスクドライブにおいて、特に、バーストノイズに対する誤り訂正能力を向上し、結果として良好な誤り率特性を実現することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】

本発明の観点は、ターボ符号化／繰返し復号化方式を使用するリードチャネルにおいて、バーストノイズの検出結果に従って、内符号の復号化を実行するAPP復号演算での通信路値を算出する計算式の項を削除する演算（ビタビのメトリック演算に相当）を実行するリードチャネルを含むディスクドライブに関する。

【0012】

本発明の観点に従ったディスクドライブは、ディスク媒体からデータを読み出すヘッドと、前記ヘッドにより読出された接続ターボ符号のデータ信号を復号化して、元のデータを再生するリードチャネルとを具備し、前記リードチャネルは、

前記データ信号に含まれるバーストノイズを検出する検出手段と、前記データ信号に対して事後確率復号化処理を含む繰返し復号化処理を実行する手段であって、前記検出手段による検出結果に従って、当該復号化演算を行なうための尤度計算内容を変更する繰返し復号化手段とを有するものである。

【 0 0 1 3 】

このような構成により、外符号の復号化を実行する A P P 復号手段の前段でのインターリーバにより、バーストノイズによる誤りの分散を防止し、結果的に誤りを局在化することが可能となる。

【 0 0 1 4 】

【発明の実施の形態】

以下図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。

【 0 0 1 5 】

図 1 は、本実施形態に関するリード／ライトチャネル 5 の要部を示すブロック図である。図 3 は、本チャネル 5 を含むディスクドライブの要部を示すブロック図である。

【 0 0 1 6 】

(ディスクドライブの構成)

本ディスクドライブは、図 3 に示すように、記録媒体であるディスク 1 と、ヘッド 3 と、プリアンプ回路 4 と、リード／ライトチャネル 5 と、ディスクコントローラ (HDC) 6 とを有する。

【 0 0 1 7 】

ディスク 1 は、スピンドルモータ (SPM) 2 により回転される。ヘッド 3 は、リードヘッド素子 (GMR 素子) とライトヘッド素子とを含み、当該リードヘッド素子によりディスク 1 からデータを読出す。また、ヘッド 3 は、ライトヘッド素子によりディスク 1 上にデータを書き込む。

【 0 0 1 8 】

プリアンプ回路 4 は、リードヘッド素子により読出されたデータ信号 (リードデータ信号) を増幅してリード／ライトチャネル 5 に送出するリードアンプ 4 0 を有する。また、プリアンプ回路 4 は、リード／ライトチャネル 5 から出力され

るライトデータ信号をライト電流に変換して、ライトヘッド素子に供給するライトアンプ41を有する。

【0019】

HDC6は、本ドライブとホストシステムとを接続するホストインターフェースを含み、リード／ライトチャンネル5との間でライトデータWDとリードデータ（再生データ）RDとの入出力を行なう。HDC6は、図1に示すように、リード／ライトチャンネル5のリードチャンネルに接続された誤り訂正回路60と、ライトチャンネルに接続された誤り訂正符号（ECC）生成回路61とを有する。

【0020】

（リード／ライトチャンネル）

リード／ライトチャンネル5は、図1に示すように、リードアンプ40に接続されたリードチャンネルと、ライトアンプ41に接続されたライトチャンネルとに大別される。

【0021】

ライトチャンネルは、RLL（run length limited）エンコーダ37と、ターボ（turbo）エンコーダ38と、プリコーダ（precoder）39とを有する。RLLエンコーダ37は、ライトデータWDを通常のRLL符号系列（WS）に変換する。ライトデータWDには、ECC生成回路61によりECCデータが付加されている。プリコーダ39は、リードチャンネルにおいてPRチャンネルに再帰的特性を与えるために設けられている。ここで、PRチャンネルとは、リードアンプ40の入力からイコライザ33の出力までが所望のPR（Partial Response）特性を有するPRチャンネルであり、一種の畳み込み符号と見なし、連接ターボ符号における内符号に相当する。

【0022】

ターボエンコーダ38は、図4に示すように、RLLエンコーダ37に接続されたインターリーバ381と、再帰畳み込み符号器（RSエンコーダ）382と、PUMUX383とを含む。PUMUX383は、パンクチャ（puncture）回路とマルチプレクサ（multiplexer）とを合わせた間引き多重化回路である。PUMUX383は、RLLエンコーダ37及びRSエンコーダ382に接続されて

いる。

【 0 0 2 3 】

R S エンコーダ 3 8 2 は、遅延素子 (D) 及び $\text{mod } 2$ 加算器 (排他的論理和ゲート “+”) を含み、再帰的組織畳み込み符号化 (R S C : Recursive Systematic Coding) を実行し、パリティ系列を出力する。再帰的組織畳み込み符号は、連接ターボ符号において、P R チャンネル符号である内符号 (inner code) に対して、外符号 (outer code) に相当する。

【 0 0 2 4 】

ターボエンコーダ 3 8 は、インターリーバ 3 8 1 により R L L 符号系列 (W S) を攪拌 (ランダム化) し、R S エンコーダ 3 8 2 に出力する。R S エンコーダ 3 8 2 は、例えば符号の拘束長 L が「 $L = 3$ 」の場合を想定している。このとき、入力 U_k に対する出力を P_k とした場合に、下記の関係式 (1), (2) が成立する。

【 0 0 2 5 】

$$Z_k = U_k + Z_{k-1} + Z_{k-2} \cdots (1)$$

$$P_k = Z_k + Z_{k-2} \cdots (2)$$

但し、 Z_k は R S エンコーダ 3 8 2 の内部変数を意味し、+ は排他的論理和演算を意味する。

【 0 0 2 6 】

P U M U X 3 8 3 は、情報系列 (R L L 符号化系列 W S) とパリティ系列とを入力とし、所望の符号化率となるようにパリティ系列を間引きしながら多重化処理を実行する。

【 0 0 2 7 】

ライトチャンネルは、プリコーダ 3 9 により P U M U X 3 8 3 からの組織符号化系列に対して所定の逆変換処理を実行した後に、ライトアンプ 4 1 にライト符号化データ系列を送出する。なお、通常では、プリコンと称するライト補償処理を実行する。ヘッド 3 に含まれるライトヘッド素子は、ライトアンプ 4 1 から供給されるライト電流により、ディスク 1 上にターボ符号化されたライトデータ信号を記録することになる。

【 0 0 2 8 】

(リードチャネル)

次に、リードチャネルは、図 1 に示すように、プリアンプ 4 0 に接続する A G C 回路 3 0 と、低域通過フィルタ (L P F) 3 1 と、 A / D コンバータ 3 2 と、イコライザ (equalizer) 3 3 とを有する。

【 0 0 2 9 】

A G C 回路 3 0 は、 V G A (可変ゲインアンプ) を含み、リードアンプ 4 0 からのリード信号の信号振幅を一定値に制御する。 L P F 3 1 は、データ信号から高域ノイズを除去する。 A / D コンバータ 3 2 は、アナログのデータ信号をデジタル信号に変換する。イコライザ 3 3 は、通常では、 F I R (Finite Impulse Response) 式のデジタルフィルタなどを含み、 P R 方式での波形等化処理を実行する。

【 0 0 3 0 】

さらに、リードチャネルは、 A / D コンバータ 3 2 に接続されたバーストノイズ検出器 3 4 と、繰返しデコーダ (反復デコーダ) 3 5 と、 R L L エンコーダ 3 6 とを有する。

【 0 0 3 1 】

バーストノイズ検出器 3 4 は、 A / D コンバータ 3 2 から出力されるデータ信号 (デジタル信号) の振幅値に従って、サーマルアスペリティやドロップアウトなどのバーストノイズを検出する。バーストノイズ検出器 3 4 は、検出結果として検出フラグ情報 D F (0 / 1) を反復デコーダ 3 5 に出力する。ここでは、フラグ情報 D F “ 1 ” がバーストノイズの検出を意味する。

【 0 0 3 2 】

繰返しデコーダ 3 5 は、図 2 に示すように、 P R チャネル (内符号) に対する A P P (A Posteriori Probability : 事後確率) 復号化処理を行なう A P P 復号器 3 5 1 と、 D E P U M U X 3 5 2 と、インターリーバ 3 5 3 と、 R S C 系列 (外符号) に対する A P P 復号化処理を行なう A P P 復号器 3 5 4 と、繰返し復号化処理時に使用される P U M U X 3 5 5 と、ディインターリーバ 3 5 6 と、硬判定器 3 5 7 とを有する。

【 0 0 3 3 】

A P P 復号器 3 5 1 は、バーストノイズ検出器 3 4 からの検出フラグ情報 D F、イコライザ 3 3 の出力 R S 及び P U M U X 3 5 5 の出力を入力する。D E P U M U X 3 5 2 は、ディパンクチャ (depuncture) 回路とディマルチプレクサ (demultiplexer) とを合わせた回路である。D E P U M U X 3 5 2 は、P U M U X 3 8 3 の逆変換処理を実行する。また、ディインターリーバ 3 5 6 は、インターリーバ 3 5 3 の逆変換処理を実行する。硬判定器 3 5 7 は、A P P 復号結果に対する 2 値 (0 / 1) 判定を実行し、最終的なターボ復号化系列を決定する。

【 0 0 3 4 】

R L L エンコーダ 3 6 は、硬判定器 3 5 7 により決定 (復号) されたターボ復号化系列に対して R L L 復号化処理を実行して、元のデータに相当する再生データ系列 (R D) を H D C 6 に出力する。

【 0 0 3 5 】

H D C 6 では、誤り訂正回路 6 0 は、リードチャネルから送出される再生データ R D に対する誤り訂正処理を実行する。誤り訂正回路 6 0 は、バーストノイズ検出器 3 4 からの検出フラグ情報 D F に従って、当該フラグ情報 (D F = 1) をイレージャポインタとして用いて消失訂正処理を実行する。

【 0 0 3 6 】

(データ復号化動作)

以下図 1 と共に、主として図 5 のフローチャートを参照して、繰返しデコーダ 3 5 での復号化動作を主とするデータ再生動作を説明する。

【 0 0 3 7 】

まず、ヘッド 3 のリードヘッド素子により、ディスク 1 上に記録されたデータ信号が読出されると、リードアンプ 4 0 により増幅されて、リード／ライトチャネル 5 のリードチャネルに送られる。リードチャネルでは、データ信号は、A G C 回路 3 0、L P F 3 1、A / D コンバータ 3 2、及びイコライザ 3 3 を経て、繰返しデコーダ 3 5 に送られる。

【 0 0 3 8 】

ここで、バーストノイズ検出器 3 4 は、A / D コンバータ 3 2 から出力される

データ信号に含まれるバーストノイズを検出すると、検出フラグ情報 ($DF = 1$) を繰返しデコーダ 3 5 に出力する (ステップ S 1)。

【 0 0 3 9 】

繰返しデコーダ 3 5 では、図 2 に示すように、APP 復号器 3 5 1 は、イコライザ 3 3 の出力であるデータ系列 RS に対して、PR チャネルを内符号とする APP 復号化処理を実行する。具体的には、APP 復号器 3 5 1 は、APP 復号化処理として、例えば図 6 に示すような BCJR アルゴリズム (前述の非特許文献 1 を参照) による演算処理を実行し、対数外部情報確率比を算出する (ステップ S 3)。但し、繰返し復号処理の 1 回目では、対数事前情報確率比は零とする。ここでは、バーストノイズ検出器 3 4 からはバーストノイズが検出されない場合 ($DF = 0$) を想定する (ステップ S 2 の YES)。

【 0 0 4 0 】

DEPUMUX 3 5 2 は、対数外部情報確率比ディパンクチャ (depuncture) 回路とディマルチプレクサ (demultiplexer) とを合わせた回路である。DEPUMUX 3 5 2 は、ターボエンコーダ 3 8 での PUMUX 3 8 3 の逆変換処理を実行し、情報系列に対する対数外部情報確率比と、パリティ系列に対する外部情報確率比とを出力する。但し、PUMUX 3 8 3 により間引かれた位置に対応する外部情報確率比は 0 とする。

【 0 0 4 1 】

次に、インターリーバ 3 5 3 は、ターボエンコーダ 3 8 でのインターリーバ 3 8 1 と同様の方法によりインターリービング (攪拌) を実行し、攪拌された情報系列に対する対数外部情報確率比、及びパリティ系列に対する外部情報確率比を出力する (ステップ S 4)。

【 0 0 4 2 】

APP 復号器 3 5 4 は、インターリーバ 3 5 3 の出力に対して、外符号である再帰畳み込み符号について APP 復号化処理を実行する (ステップ S 5)。ディインターリーバ 3 5 6 は、インターリーバ 3 5 3 の逆変換処理を実行し、元の情報系列に対応する対数外部情報確率比を出力する。

【 0 0 4 3 】

PUMUX 3 5 5 は、APP 復号器 3 5 4 から出力されるパリティ系列に対応する対数外部情報確率比と、ディインターリーバ 3 5 6 から出力される元の情報系列に対応する対数外部情報確率比とを入力し、間引き及び多重化処理を実行する。PUMUX 3 5 5 は、処理結果を内符号に対する事前情報確率比として、APP 復号器 3 5 1 に出力する。APP 復号器 3 5 1 は、当該事前情報確率比と、イコライザ 3 3 からの出力とを入力し、APP 復号化処理を繰り返す（ステップ S 6）。

【0044】

以上のような繰返し復号化処理が終了すると、硬判定器 3 5 7 は、ディインターリーバ 3 5 6 から出力される元の情報系列に対応する対数外部情報確率比に対して、0 を閾値とする硬判定処理を実行し、元の情報系列に対応する最終的復号系列（0 / 1）を決定して出力する（ステップ S 6 の YES, S 7）。さらに、

RLLEncoda 3 6 は、硬判定器 3 5 7 により復号されたターボ復号化系列に対して RLL 復号化処理を実行して、元のデータに相当する再生データ系列（RD）を HDC 6 に出力する。誤り訂正回路 6 0 は、リードチャネルから送出される再生データ RD に対する誤り訂正処理を実行する（ステップ S 8）。

【0045】

一方、バーストノイズ検出器 3 4 からバーストノイズが検出された場合（DF = 1）、APP 復号器 3 5 1 は、尤度計算式を変更して前記内符号の APP 復号化処理を実行する（ステップ S 2 の NO, S 9）。

【0046】

以下、図 6 のフローチャートも参照して、検出フラグ DF に応じて、APP 復号器 3 5 1 が尤度計算式を変更して実行する APP 復号化処理として、BCJR アルゴリズムを実行する場合の具体例を説明する。なお、図 5 において、ステップ S 1 0 からステップ S 1 3 までの処理手順は、前述のステップ S 4 からステップ S 7 までの処理手順と同様であるため、説明を省略する。

【0047】

一般的に、PR チャネルに対する APP 復号化処理を実行するための BCJR アルゴリズムは、図 6 に示すように、ステップ S 2 0 からステップ S 2 4 までの

処理手順を含む。

【0048】

ここで、 $\alpha(S_k)$ 、 $\beta(S_k)$ 、 $\gamma(S_{k-1}, S_k)$ 、 y_k 、 $La(U_k)$ 、 $L(U_k)$ 、 $Le(U_k)$ は、それぞれ状態(S_k)における順方向状態確率、逆方向状態確率、状態(S_{k-1})から(S_k)へ遷移するパスの確率、イコライザ33の出力(RS)、対数事前情報確率比、対数尤度比、対数外部情報確率比を意味する。

【0049】

このBCJRアルゴリズムは、 $\alpha(S_k)$ 、 $\beta(S_k)$ を初期化するステップS20と、 y_k 、 $La(U_k)$ から $\gamma(S_{k-1}, S_k)$ を算出するステップS21とを含む。さらに、当該アルゴリズムは、 $\gamma(S_{k-1}, S_k)$ から再帰的に $\alpha(S_k)$ 、 $\beta(S_k)$ を算出するステップS22と、 $\alpha(S_k)$ 、 $\beta(S_k)$ 、 $\gamma(S_{k-1}, S_k)$ から $L(U_k)$ を算出するステップS23と、 $La(U_k)$ 、 $L(U_k)$ から $Le(U_k)$ を算出するステップS24とを含む。

【0050】

このようなBCJRアルゴリズムにおいて、ステップS21に示すように、バーストノイズの検出フラグ(DF0/1)に従って、 $\gamma(S_{k-1}, S_k)$ を算出する尤度計算式を変更する。即ち、バーストノイズが検出された場合(DF=1)には、イコライザ33の出力(RS)である通信路値を算出するための計算項600を削除し、対数事前情報確率比($La(U_k)$)を使用したパスの確率を算出する尤度計算を実行する。この尤度計算とは、通常のビタビ復号処理におけるブランチメトリック演算に相当する。

【0051】

従って、イコライザ33の出力(RS)には、バーストノイズが含まれている場合には、当該通信路値を算出する計算項600を削除するため、尤度計算結果からはバーストノイズによる誤り要素を削除することができる。前述したように、APP復号化器351の演算結果は、インターリーバ353により攪拌されてしまうため、バーストノイズが存在する場合には、バースト誤りが拡散されてしまう。本実施形態では、バーストノイズの検出に応じて、バースト誤りが含まれ

ると推定される当該通信路値を算出する計算項 6 0 0 が削除される。このため、バースト誤りの拡散を防止し、誤りを局在化することができる。

【 0 0 5 2 】

さらに、本実施形態では、バーストノイズ検出器 3 4 からバーストノイズが検出された場合 ($DF = 1$)、誤り訂正回路 6 0 は、当該検出フラグ情報 DF ($DF = 1$) をイレージャポインタとして用いて消失訂正処理を実行する (ステップ S 1 4)。従って、HDC 6 において、リードチャネルにより復号化された再生データに対して、局在化した誤りを訂正することが可能となる。

【 0 0 5 3 】

要するに、本実施形態では、バーストノイズの検出フラグ (DF) に従って、尤度計算式を変更する A P P 復号化処理により、外符号の A P P 復号化処理の前段において、バースト誤りの分散 (拡散) を防止することができる。さらに、誤り訂正回路 6 0 において、検出フラグ (DF) をイレージャポインタとして使用する消失訂正を実行することにより、局在化したバースト誤りを訂正することが可能となる。

【 0 0 5 4 】

なお、本実施形態では、A P P 復号器 3 5 1 の復号化処理として、B C J R アルゴリズムを使用する具体例を説明したが、これに限定されるものではない。B C J R アルゴリズムの代替方法として、例えばMax-Log-MAPや、SOVA等の他の A P P 復号アルゴリズムにも適用可能である。

【 0 0 5 5 】

また、本実施形態のリード／ライトチャネルでは、外符号として再帰畳み込み符号を接続する接続ターボ符号方法を想定したが、これに限定されるものではない。外符号としては、低密度パリティ検査符号や、パリティ検査符号などと接続する接続符号方法にも適用可能である。

【 0 0 5 6 】

【発明の効果】

以上詳述したように本発明によれば、P R 方式とターボ符号化／繰返し復号化方式とを組み合わせたデータ復号化方式を採用したディスクドライブにおいて、

特に、バーストノイズに対する誤り訂正能力を向上し、結果として良好な誤り率特性を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施形態に関するリード／ライトチャネルの要部を示すブロック図。

【図 2】

本実施形態に関する繰返しデコーダの要部を示すブロック図。

【図 3】

本実施形態に関するディスクドライブの要部を示すブロック図。

【図 4】

本実施形態に関するターボエンコーダの要部を示すブロック図。

【図 5】

本実施形態に関する繰返しデコーダの動作を説明するためのフローチャート。

【図 6】

本実施形態に関する繰返しデコーダで使用する A P P 復号アルゴリズムの一例を示すフローチャート。

【符号の説明】

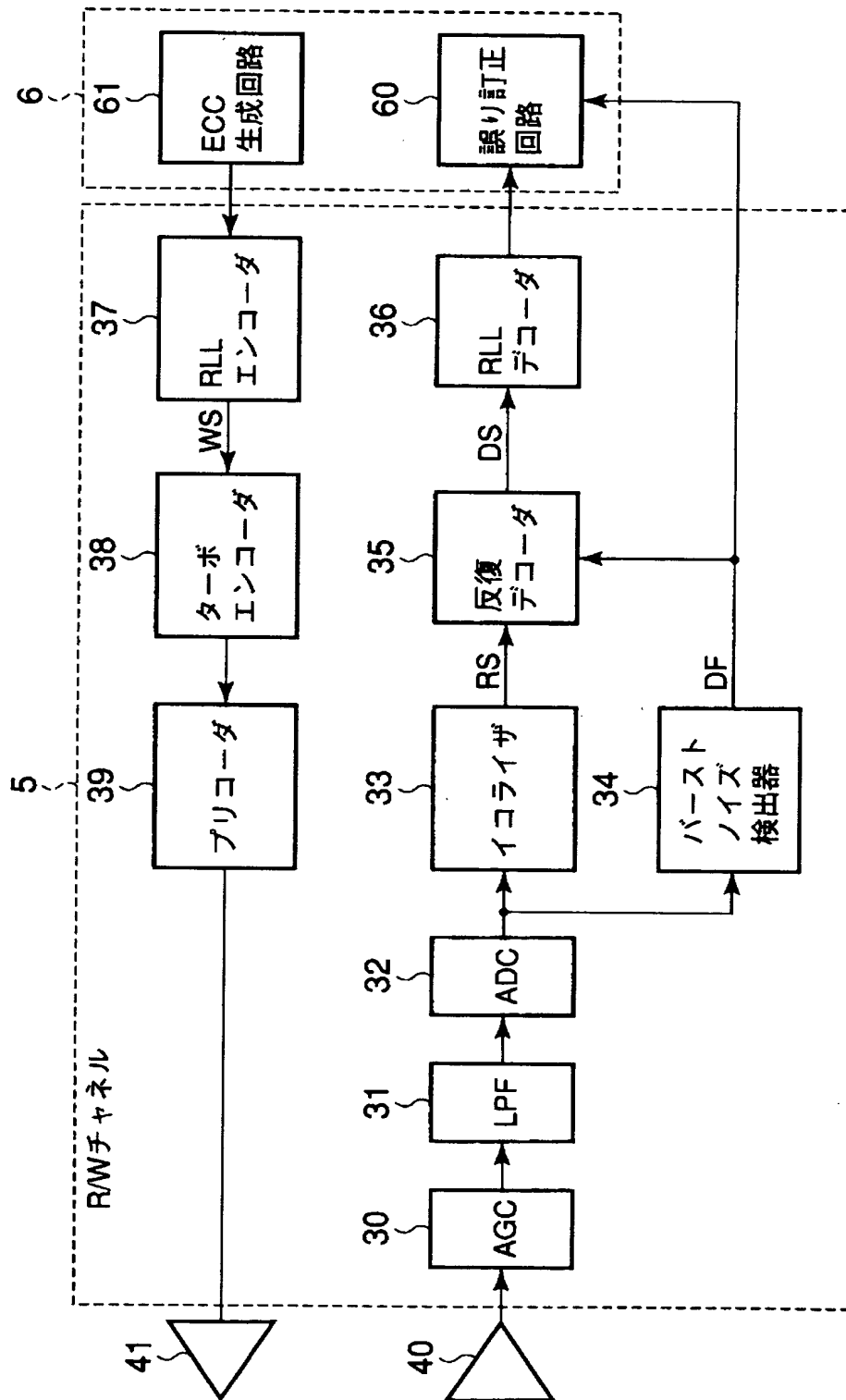
- 1 … ディスク
- 2 … スピンドルモータ
- 3 … ヘッド
- 4 … プリアンプ回路
- 5 … リード／ライトチャネル
- 6 … ディスクコントローラ (HDC)
- 3 0 … A G C 回路
- 3 1 … 低域通過フィルタ (L P F)
- 3 2 … A / D コンバータ
- 3 3 … イコライザ
- 3 4 … バーストノイズ検出器
- 3 5 … 反復 (繰返し) デコーダ

- 3 6 … R L L デコーダ
- 3 7 … R L L エンコーダ
- 3 8 … ターボエンコーダ
- 3 9 … プリコーダ
- 4 0 … リードアンプ
- 4 1 … ライトアンプ

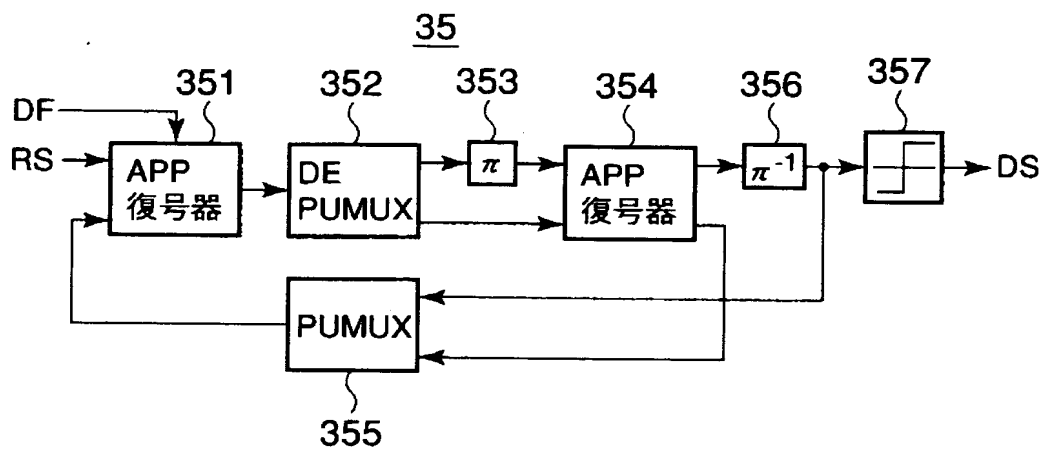
【書類名】

図面

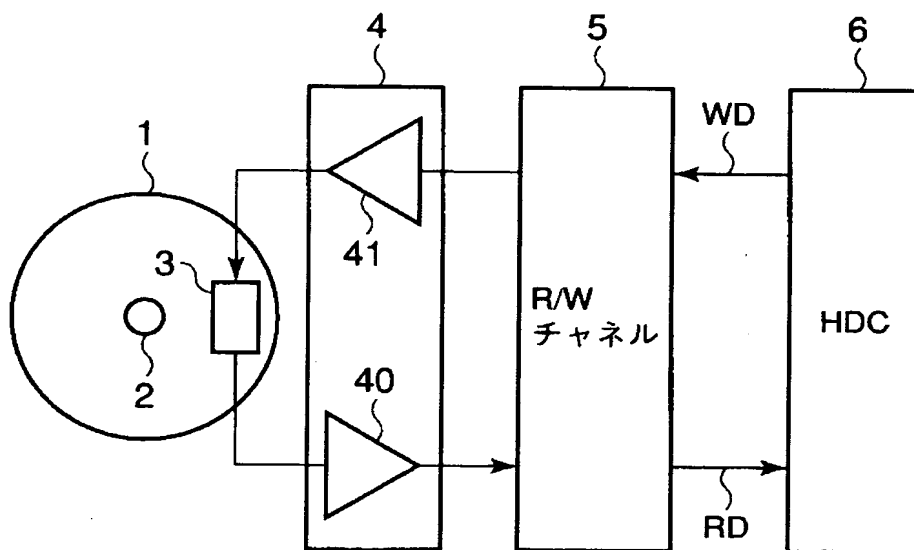
【図 1】



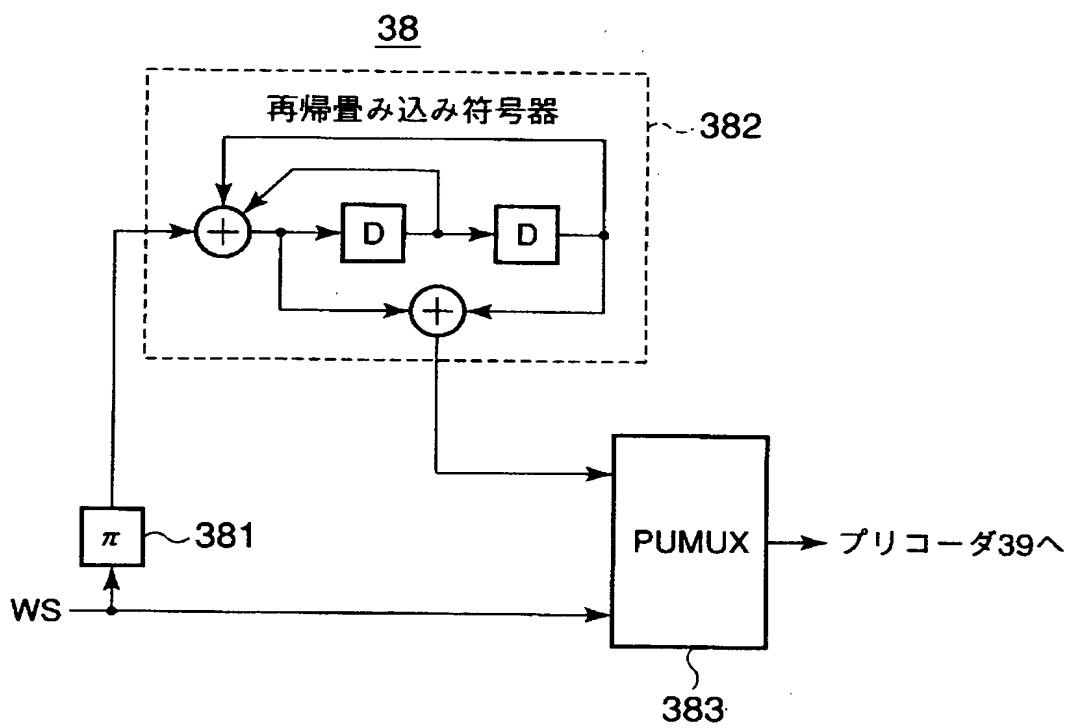
【図 2】



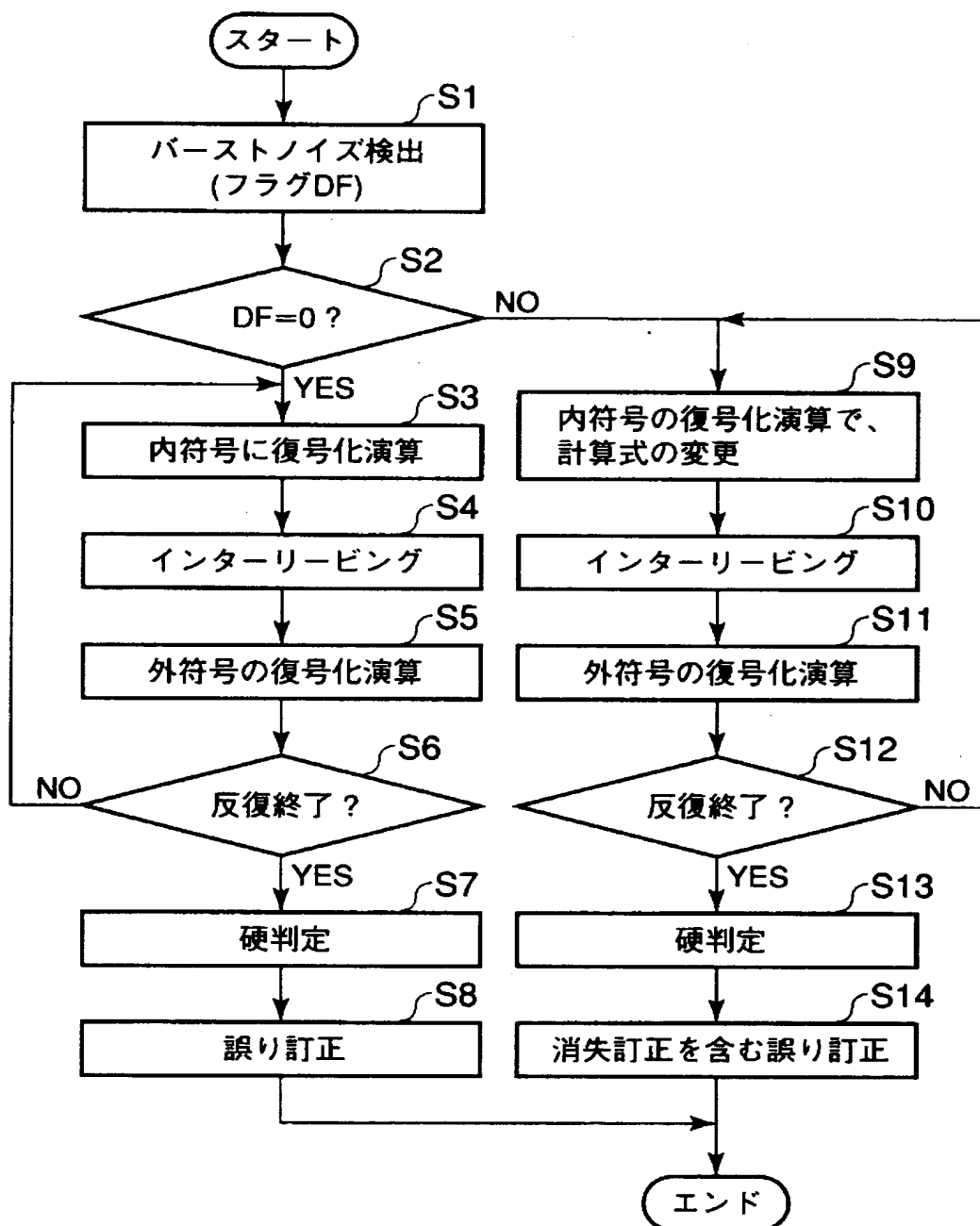
【図 3】



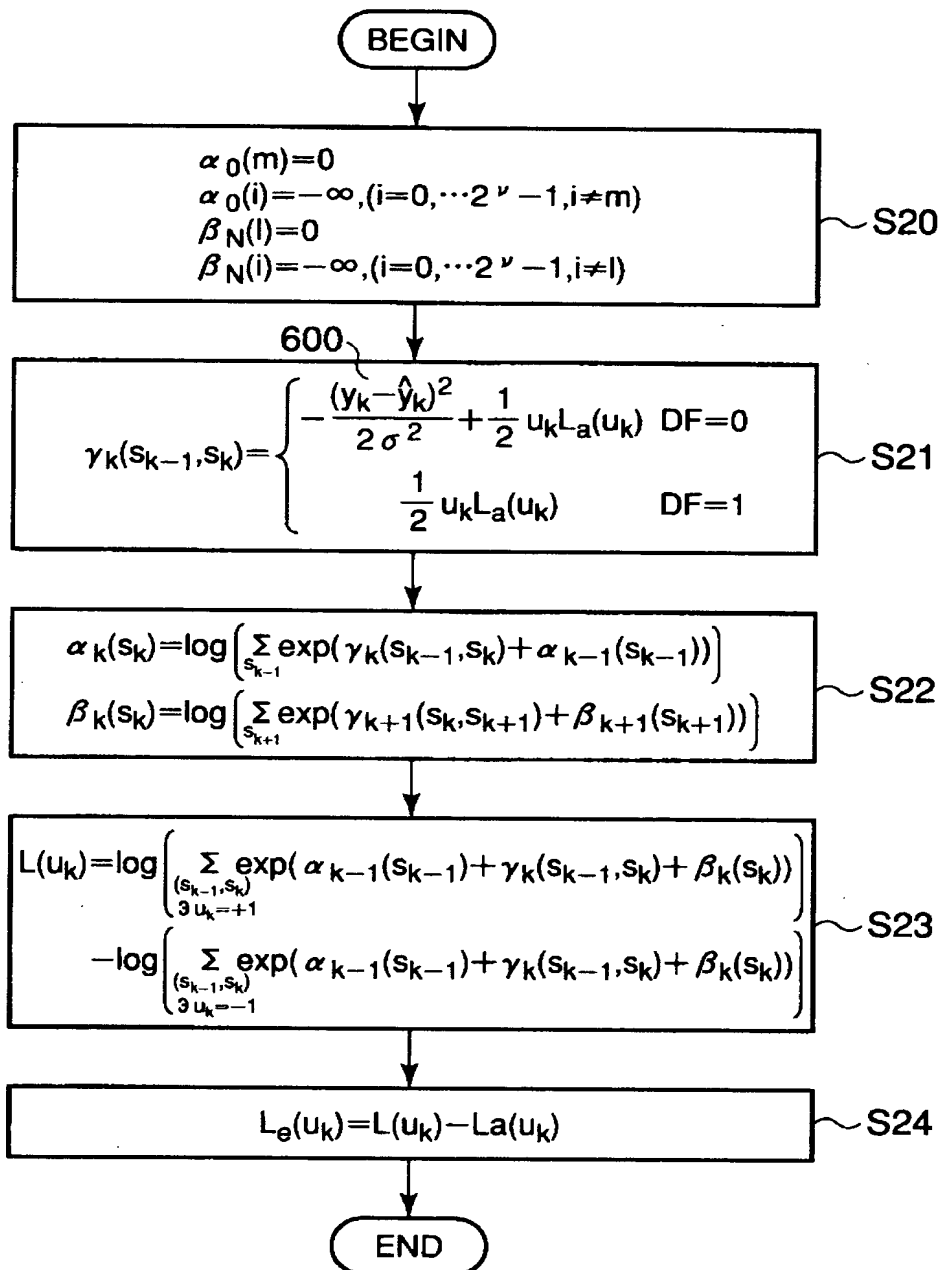
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 P R 方式とターボ符号化／繰返し復号化方式とを組み合わせたデータ復号化方式を採用したディスクドライブにおいて、バーストノイズに対する誤り訂正能力を向上することにある。

【解決手段】 ターボ符号化／繰返し復号化方式を使用するリードチャネルが開示されている。リードチャネルは、バーストノイズ検出器 3 4 の検出結果に従って、バースト誤りを除去するように尤度計算式を変更して、内符号の A P P 復号化演算を実行する A P P 復号器を含む繰返しデコーダ 3 5 を有する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日	2001年 7月 2日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都港区芝浦一丁目1番1号
氏 名	株式会社東芝